

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**E.A.P. DE ODONTOLOGÍA**

**Microdureza superficial in vitro de resinas de  
nanotecnología, frente a la acción de dos bebidas  
carbonatadas**

**TESIS**

**Para obtener el Título Profesional de Cirujano Dentista**

**AUTOR**

**Martha Silvia Revilla Quispe**

**ASESOR**

**Gerardo Rubén Ayala de La Vega**

**Lima – Perú**

**2011**

**JURADO EXAMINADOR DE TESIS**

**PRESIDENTE:** Dra. Antonia Castro Rodríguez

**ASESOR:** Mg. Gerardo Rubén Ayala de La Vega

**MIEMBRO:** C.D. Edwin Antonio Córdova Huayanay

*A Dios mi Padre y amigo por estar presente en  
cada momento de mi vida, por guiar mis pasos,  
por permitirme ver la felicidad de cada día y  
enseñarme que Él siempre me dará un día  
soleado después de una tormenta.*

*A mi madre, por todo el amor que me brindó,  
por su esfuerzo día a día, por enseñarme  
con su ejemplo a ser perseverante y luchar  
por lo que deseo en esta vida, por haber  
dejado mi camino ya emprendido y dejarme  
la guía para poder seguirlo.*

*A mi familia por brindarme su apoyo  
incondicional, sus palabras de aliento y sabios  
consejos, por ayudarme a seguir adelante y no  
desmayar en el camino.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mi asesor, Doctor Gerardo Ayala de la Vega por brindarme su apoyo constante, en la realización de este trabajo.
- Al jurado evaluador y calificador, Dra. Antonia Castro Rodríguez y Dr. Edwin Córdova Huayanay por sus comentarios y sugerencia.
- A la Universidad Nacional de Ingeniería por permitirme utilizar el laboratorio y equipo para la realización de este trabajo.
- Al doctor en Física Arturo Talledo por el gran apoyo incondicional que me brindó para realizar la parte experimental de este estudio.
- A todas las personas, docentes y amigos que me brindaron sus consejos y me ayudaron en la realización de este estudio.

## RESUMEN

En este estudio se comparó la microdureza superficial in vitro de las resinas de nanorelleno y nanohíbridas luego de ser sometidas a la acción de dos bebidas carbonatadas. Para la muestra se elaboraron bloques cilíndricos de 7mm de diámetro por 2mm de altura, quince fueron elaborados con la resina de nanorelleno y quince con la resina nanohíbrida. Los bloques correspondientes al grupo de “estudio” se colocaron en bebida carbonatada por un periodo de 10 minutos a temperatura ambiente, los bloques del grupo control se mantuvieron en suero fisiológico. Al cabo de este tiempo los bloques fueron enjuagados y secados, para luego ser almacenados en suero fisiológico. El experimento se realizó una vez al día, durante 7 días, en un intervalo de 24 horas. Se realizó la medición de la microdureza superficial inicial y final de todas las muestras para analizar si hubo variación.

Para determinar si la variación fue significativa se utilizó la prueba T – STUDENT y para determinar si había diferencia estadísticamente significativa entre las variaciones de la microdureza superficial de las resinas, se usó la prueba comparativa de ANOVA.

Se concluyó que la microdureza superficial de las resina de nanorelleno y nanohíbrida disminuye significativamente luego de ser sometidas a las bebidas carbonatadas, la resina nanohíbrida presentó estadísticamente mayor disminución de su microdureza superficial en comparación con la resina de nanorelleno.

**PALABRAS CLAVES:** Microdureza superficial – Nanotecnología – Bebida carbonatada

## **SUMMARY**

In this study was compared the in vitro surface microhardness of the nanofiller and nanohybrid resins after being subjected to the action of two carbonated beverages. For the sample cylinder blocks were made of 7mm diameter by 2 mm high, fifteen were made from the resin with nanofiller and fifteen nanohybrid resin. The blocks for the group of "study" were placed in carbonated beverage for a period of 10 minutes at room temperature, the blocks in the control group were kept in physiological saline. After this time the blocks were rinsed and dried before being stored in physiological saline. The experiment was performed once a day, for 7 days in an interval of 24 hours. Surface microhardness of all samples was measured at the beginning and end to analyze whether there was variation.

To determine if the variation was significant test was used T-STUDENT and to determine whether there were statistically significant differences between the variations of the surface microhardness of resin, we used the comparative test of ANOVA.

It was concluded that the surface microhardness of the nanofiller and nanohybrid resin decreases significantly after being subjected to carbonated beverages, the resin nanohybrids showed statistically greater decrease in surface microhardness compared with nanofiller resin.

**KEYWORDS:** surface microhardness - Nanotechnology - Carbonated Beverages

## ÍNDICE

	PAG.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	
<b>2.1. Área problema</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Delimitación</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Formulación</b>	<b>11</b>
<b>2.4. Objetivos</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1. Objetivo General</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2. Objetivos Específicos</b>	<b>12</b>
<b>2.5. Justificación</b>	<b>13</b>
<b>2.6. Limitaciones</b>	<b>13</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Antecedentes</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Bases teóricas</b>	<b>16</b>
<b>3.2.1. Nanotecnología</b>	<b>16</b>
<b>3.2.2. Resina compuesta</b>	<b>17</b>
<b>3.2.2.1. Clasificación</b>	<b>18</b>
<b>3.2.2.2. Propiedades de las resinas compuestas</b>	<b>24</b>
<b>3.2.2.3. Resinas compuestas que se usarán en el estudio</b>	<b>32</b>
<b>3.2.3. Dureza superficial</b>	<b>36</b>
<b>3.2.3.1. Sistemas de medición</b>	<b>37</b>
<b>3.2.4. pH</b>	<b>42</b>

3.2.5. Bebida carbonatada	42
3.3. Hipótesis	45
3.3.1. Hipótesis General	45
3.3.2. Hipótesis Operacionales	45
3.4. Operacionalización de variables	46
4. METODOLOGÍA	47
4.1. Tipo de investigación	47
4.2. Población y muestra	48
4.3. Procedimientos y técnica	48
4.4. Procesamiento de datos	52
4.5. Análisis del Resultado	52
5. RESULTADOS	54
6. DISCUSIÓN	62
7. CONCLUSIONES	64
8. RECOMENDACIONES	65
9. BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	77



## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de los materiales restauradores estéticos está muy difundido, tanto para restauraciones en el sector anterior como posterior.

Estudios realizados han reportado el poder erosivo que tienen las bebidas carbonatadas sobre las restauraciones y el esmalte dentario. Ante esta situación los fabricantes de los materiales de restauración estética vienen mejorando las propiedades de sus productos pues se sabe que cuanto mayor cantidad de material de relleno tenga una resina, mejores serán sus propiedades físicas y por lo tanto mayor será su dureza y menores serán su contracción y los cambios dimensionales. La presencia del material de relleno hace que las resinas sean resistentes a las cargas y la abrasión.<sup>(1)</sup>

Hoy en día se ve un incremento de las bebidas carbonatadas en la dieta líquida de las personas

Lo que se desea conocer con este estudio es si la dureza superficial de las resinas de nanorelleno y nanohíbridas de alto uso en nuestro país, disminuye frente a la acción de las bebidas carbonatadas de pH 2.53 y 3.04, lo que nos llevaría a deducir que el tiempo de vida de las restauraciones en boca no sería muy amplio, lo que significa que se tendría que realizar cambios continuos y por ende pérdida de tejido sano.

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Área problema**

La dureza es una característica importante en los materiales de restauración, ésta se define como la resistencia a la penetración, al desgaste o al rayado <sup>(13)</sup>. Las pruebas de dureza se incluyen en numerosas especificaciones sobre materiales dentales de la American Dental Association (ADA).

Al odontólogo le resulta una información muy valiosa el conocer la dureza de los materiales de restauración estéticos entre ellos la resina ya que éstas han ido evolucionando con el tiempo llegando a tener en su composición partículas de nanorelleno lo que les proporciona además de buenas propiedades físicas y de terminado de su superficie (pulido), una mejor consistencia para su colocación y menor contracción.

El uso de resinas compuestas como material de restauración se ha ido incrementando ya que las exigencias de mecánica y sobre todo estéticas por parte de los pacientes cada vez son mayores.

Uno de los factores que se tiene en consideración para determinar el éxito de las resinas compuestas es la resistencia que presentan al exponerlas a las bebidas y comidas entre ellas a las bebidas carbonatadas.

Los estudios realizados anteriormente dan a conocer el incremento en el consumo de bebidas industrializadas por parte de la población, siendo las bebidas carbonatadas las más consumidas gracias a su bajo costo y facilidad de adquisición, sin tener en cuenta el daño que podrían ocasionar éstas a la dureza de las restauraciones estéticas.

## **2.2. Delimitación**

Lo que preocupa a los odontólogos es el tiempo de permanencia de las restauraciones en boca, este tiempo se ve alterado por factores intrínsecos y extrínsecos propios de cada persona; entre los factores extrínsecos tenemos a la dieta hoy en día basada en altas cantidades de comida rápida y bebidas industrializadas, entre estas las bebidas carbonatadas ya que son de fácil adquisición, desconociendo que éstas bebidas tienen un pH muy bajo que produce efectos erosivos en la estructura dental, lo cual hace que nos preguntemos ¿Los materiales de restauración de nanorelleno y nanohíbridos son resistentes al pH ácido producido por la ingesta de bebidas carbonatadas ya que está comprobado que su bajo pH causa erosión del esmalte dental?.

## **2.3. Formulación**

¿Existe variación en la microdureza superficial de las resinas de nanorelleno y nanohíbridas al ser sometidas a bebidas carbonatadas?

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo General**

Comparar la microdureza superficial in vitro de las resinas de nanorelleno y nanohíbridas luego de ser sometidas a la acción de dos bebidas carbonatadas.

### **2.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la variación de la microdureza superficial de una resina de nanorelleno al ser sometida a una bebida carbonatada de pH 2.53.
- Determinar la variación de la microdureza superficial de una resina nanohíbrida al ser sometida a una bebida carbonatada de pH 2.53.
- Determinar la variación de la microdureza superficial de una resina de nanorelleno al ser sometida a una bebida carbonatada de pH 3.04.
- Determinar la variación de la microdureza superficial de una resina nanohíbrida al ser sometida a una bebida carbonatada de pH 3.04.
- Comparar la variación de la microdureza superficial de la resina de nanorelleno frente a una bebida carbonatada de pH 2.53 y una bebida carbonatada de pH 3.04.

- Comparar la variación de la microdureza superficial de la resina nanohíbrida frente a una bebida carbonatada de pH 2.53 y una bebida carbonatada de pH 3.04.

## **2.5. Justificación**

La evolución de los materiales de restauración sobre todo de las resinas ha llevado a que éstas tengan en su composición nanopartículas lo cual mejora sus propiedades como: baja contracción y estrés de contracción, alto nivel de radiopacidad, alta fuerza y resistencia al desgaste, pulido rápido y de alto brillo. Pese a este adelanto en el desarrollo de las resinas no encontramos muchos estudios que nos muestren su resistencia al ataque ácido.

Este estudio busca conocer el efecto que pueda producir las bebidas carbonatadas sobre las resinas de nanorelleno y nanohíbridas, y a la vez hacer una comparación entre ellas para saber cuál causa mayor variación de la microdureza superficial en las resinas en estudio; para de esta manera poner en conocimiento al odontólogo rehabilitador y a través de él poder orientar a las personas en cuanto al consumo de estas bebidas.

## **2.6. Limitaciones**

La principal limitación que se presenta es el no poder reproducir las condiciones bucales con total exactitud, ya que la presencia de saliva en boca produce cambios en el pH y éste altera la reacción de las bebidas consumidas.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Antecedentes**

LUSSI et al. (2000) Compararon el potencial erosivo de diferentes bebidas y productos alimenticios en la dentición temporal y permanente. Las muestras de esmalte fueron sumergidas durante 3 minutos en las soluciones en estudio (5 dientes por grupo de tratamiento). La microdureza superficial se midió antes y después de la exposición. La microdureza superficial inicial fue menor para los dientes primarios que para los dientes permanentes. Tanto en los dientes temporales y permanentes la bebida carbonatada Sprite presentó la mayor disminución de la microdureza superficial, mientras que el yogur mostró un aumento de la microdureza superficial en los dientes primarios. La comparación de la susceptibilidad de erosión en este modelo in vitro demostraron que los dientes primarios no fueron más susceptibles a la erosión en comparación con los dientes permanentes. <sup>(2)</sup>

MAS A. (2002) Comparó el efecto erosivo en el esmalte dentario producido por tres tipos de bebidas industrializadas de alto consumo en la ciudad de Lima, se evaluó la variación que experimentó la microdureza superficial de 20 especímenes dividido en cuatro grupos, cada grupo fue sometido 10 minutos diarios por un periodo de 5 días a la acción de las bebidas en estudio (Bebida carbonatada, yogurt de fresa y néctar de durazno). Pasado cinco días se volvió a medir la microdureza superficial. Demostró que hubo una disminución significativa de la microdureza superficial del esmalte en los especímenes sometidos a las tres

bebidas en estudio. La bebida que produjo mayor efecto erosivo fue la carbonatada, mientras que la bebida que produjo menor efecto erosivo fue el yogurt.<sup>(3)</sup>

TAUQUINO J. (2002) Analizó el efecto in vitro de una bebida carbonatada sobre la microdureza superficial de tres materiales restauradores no metálicos (resina compuesta microhíbrida, resina compuesta fluida y cemento ionómero vítreo). Elaboró ocho cilindros, cuatro de ellos formaron el grupo control y los otros cuatro el grupo de estudio, realizó una medición de la microdureza superficial inicial y final de todos los especímenes para analizar si hubo variación. Encontró disminución significativa de la microdureza superficial de los tres materiales sometidos a la acción de la bebida carbonatada, la resina compuesta microhíbrida presentó mayor disminución de la microdureza con respecto a los otros dos materiales, pero esta diferencia no fue significativa.<sup>(4)</sup>

GÓMEZ S. (2010) Determinó la influencia en la dureza superficial de diferentes resinas comerciales (microhíbridas y de nano relleno), ante la acción de una bebida gaseosa (Coca Cola). Lo anterior se realizó mediante la fabricación de 10 muestras de cada marca de resina (Tetric Evo Ceram, Filtek Z250, Filtek Z350, Filtek P60, Filtek Supreme XT, y Premisa). Se midió la microdureza inicial de las resinas con un durómetro. Posteriormente, los composites se sometieron a la acción de la bebida gaseosa por 7 días. Al terminar se calculó la microdureza. Para comparar si hubo variaciones en los materiales se utilizó la prueba de Análisis de Varianza de una Vía, t Student y la prueba para comparar grupos Post Hoc de Tukey. Concluyendo que hubo disminución significativa de la microdureza

superficial en la mayoría de las resinas sometidas a la acción de la bebida gaseosa, exceptuando Tetric Evo Ceram. <sup>(5)</sup>

LIÑÁN C. (2007) evaluó el efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas sobre la superficie del esmalte dental. Utilizó 60 especímenes divididos en cuatro grupos de los cuales tres fueron expuestos durante un minuto a la acción de las bebidas carbonatadas, seguido por tres minutos de inmersión en saliva artificial. Este ciclo se repitió durante 20 minutos. El grupo control negativo fue inmerso en agua destilada. El efecto erosivo se evaluó mediante el método de dureza Vickers antes y después de ser sometidos a la acción de las bebidas. Al aplicar la prueba t de Student se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los valores de microdureza inicial y final de los especímenes, siendo mayor el efecto erosivo de la bebida Kola Real®, similar a la Coca Cola®, mientras que la Inca Kola® presentó el menor efecto erosivo. <sup>(6)</sup>

### **3.2. Bases teóricas**

#### **3.2.1. Nanotecnología**

Es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala, y la explotación de los fenómenos y propiedades de la materia a dicha escala. <sup>(7)</sup>



### 3.2.2. Resina compuesta

Actualmente las resinas compuestas son sin duda los materiales más utilizados en las reconstrucciones estéticas. Y desde su surgimiento con Ray Bowen, al final de la década del 50, hubo grandes y constantes transformaciones a fin de perfeccionar sus propiedades físicas y mecánicas. <sup>(8)</sup>

La resina compuesta surgió cuando Ray Bowen realizó experimentos donde resinas epóxicas eran reforzadas con partículas de carga, pero este material presentaba una polimerización muy lenta y una tendencia a la decoloración, entre otras desventajas. El trabajo de Bowen alcanzó su mejor resultado cuando la molécula Bis-GMA (bisfenil glicidil metacrilato) se desarrolló a través de la combinación de las ventajas de las resinas epóxicas y de los acrilatos. El surgimiento del Bis-GMA transformó el campo de las restauraciones en dientes anteriores, sustituyendo rápidamente los silicatos y las resinas acrílicas. <sup>(8)</sup>

Hoy las resinas compuestas son indicadas para restauraciones estéticas directas o indirectas, en dientes posteriores y anteriores, y se componen básicamente de:

- a. Una matriz resinosa
- b. Iniciadores de polimerización físicos y químicos
- c. Una fase dispersa de cargas y colorantes

- d. Un agente de cobertura de las partículas de carga, conocido como silano.<sup>(8)</sup>

Las resinas actuales se diferencian de las primeras que se desarrollaron principalmente por las partículas de refuerzo.<sup>(9)</sup>

La tecnología actual permite obtener toda una gama de tamaños, formas y distribución de esas partículas, lo que de alguna manera complica la clasificación de las resinas sobre la base del tipo de relleno y explica la existencia de varias formas de encararla.<sup>(9)</sup>

#### **3.2.2.1. Clasificación**

Se podría partir de la forma en que son obtenidas las partículas. Los procedimientos pueden ser mecánicos o reacciones químicas con sustancias específicas.<sup>(9)</sup>

A lo largo de los años las resinas compuestas se han clasificado de distintas formas con el fin de facilitar al odontólogo su identificación y posterior uso terapéutico<sup>(10)</sup>. Una clasificación aún válida es la propuesta por Lutz y Phillips.<sup>(11)</sup> Esta clasificación divide las resinas basado en el tamaño y distribución de las partículas de relleno en: convencionales o macrorelleno (partículas de 0,1 a 100mm), microrelleno (partículas de 0,04 mm) y resinas híbridas (con rellenos de diferentes tamaños).

## **A. Tamaño de la partícula de relleno**

Actualmente se pueden reunir las resinas compuestas en cinco categorías principales:

### **I. Resinas de macrorelleno o convencionales**

Tienen partículas de relleno con un tamaño promedio entre 10 y 50  $\mu\text{m}$ .<sup>(12)</sup> Este tipo de resinas fue muy utilizada, sin embargo, sus desventajas justifican su desuso. Su desempeño clínico es deficiente y el acabado superficial es pobre, visto que hay un desgaste preferencial de matriz resinosa, propiciando la prominencia de grandes partículas de relleno las cuales son más resistentes. Además, la rugosidad influencia el poco brillo superficial y produce una mayor susceptibilidad a la pigmentación.<sup>(13)</sup> Los rellenos más utilizados en este tipo de resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o bario.<sup>(14)</sup> El relleno de cuarzo tiene buena estética y durabilidad pero carece de radiopacidad y produce un alto desgaste al diente antagonista. El vidrio de estroncio o bario son radiopacos pero desafortunadamente son menos estables que el cuarzo.<sup>(15)</sup>

## **II. Resinas de microrelleno**

Estas contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05  $\mu\text{m}$ .<sup>(16)</sup> Clínicamente estas resinas se comportan mejor en la región anterior, donde las ondas y la tensión masticatoria son relativamente pequeñas, proporcionan un alto nivel de pulido y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración.<sup>(17)</sup> Entre tanto, cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, ya que, presentan mayor porcentaje de sorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad.<sup>(18)</sup>

## **III. Resinas híbridas**

La combinación de diferentes tamaños de partículas da origen a los que se denominan resinas “híbridas” y a las microhíbridas.<sup>(9)</sup> Se denominan así por estar reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 60% o más, con tamaños de partículas que oscilan entre 0,6 y 1 mm, incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04 mm. Corresponden a la gran mayoría de los materiales

compuestos actualmente aplicados al campo de la Odontología.<sup>(16)</sup>

Los aspectos que caracterizan a estos materiales son: disponer de gran variedad de colores y capacidad de mimetización con la estructura dental, menor contracción de polimerización, baja sorción acuosa, excelentes características de pulido y texturización, abrasión, desgaste y coeficiente de expansión térmica muy similar al experimentado por las estructuras dentarias, fórmulas de uso universal tanto en el sector anterior como en el posterior, diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices y fluorescencia.<sup>(19,20,21)</sup>

#### **IV. Resinas Nanohíbridas**

Son resinas híbridas a las cuales se les ha incorporado partículas de relleno inorgánico en escala nanométrica, es decir mínimo 3 tamaños de partículas nanométricas, con lo cual se logra mejorar las propiedades físicas.

#### **V. Híbridos Modernos**

Este tipo de resinas tienen un alto porcentaje de relleno de partículas sub-micrométricas (más del 60% en volumen). Su tamaño de partícula reducida (desde 0.4µm a 1.0µm), unido

al porcentaje de relleno provee una óptima resistencia al desgaste y otras propiedades mecánicas adecuadas. Sin embargo, estas resinas son difíciles de pulir y el brillo superficial se pierde con rapidez.<sup>(22)</sup>

## **VI. Resinas de Nanorelleno**

Este tipo de resinas son de un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0.01µm), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75 nm.<sup>(22)</sup> El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrecen alta translucidez, pulido superior, similar a las resinas de microrelleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas.<sup>(23,24)</sup> Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior.

### **B. Viscosidad**

Los materiales resinosos pueden clasificarse de acuerdo a su grado de fluidez/viscosidad.<sup>(25)</sup>

## **I. Muy baja viscosidad**

Aquellos productos que se presentan comercialmente exhibiendo una alta fluidez: las resinas para caracterizaciones, los selladores de composite, los composites fluidos, los selladores de fosas y fisuras. <sup>(25)</sup>

## **II. Baja viscosidad**

Los composites de micropartículas son materiales de baja viscosidad, cuya producción ha sido discontinuada. <sup>(25)</sup>

## **III. Mediana viscosidad**

Pertenecen a este grupo los composites híbridos, microhíbridos, nanohíbridos y nanoparticulados. <sup>(25)</sup>

## **IV. Alta y muy alta viscosidad**

Las resinas condensables pueden a su vez ser categorizadas en dos grupos (las de baja y las de alta densidad / alta y muy alta viscosidad, respectivamente). Tal es así que existen materiales dentro de esta categoría que son densos. <sup>(25)</sup>

### 3.2.2.2. **Propiedades de las resinas compuestas**

#### **A. Resistencia al Desgaste**

Es la capacidad que poseen las resinas compuestas de oponerse a la pérdida superficial, como consecuencia del roce con la estructura dental, el bolo alimenticio o elementos tales como cerdas de cepillos y palillos de dientes.<sup>(12)</sup> Esta deficiencia no tiene efecto perjudicial inmediato pero lleva a la pérdida de la forma anatómica de las restauraciones disminuyendo la longevidad de las mismas.<sup>(26)</sup> Esta propiedad depende del tamaño, la forma y el contenido de las partículas de relleno así como de la localización de la restauración en la arcada dental y las relaciones de contacto oclusales.<sup>(27)</sup> Cuanto mayor sea el porcentaje de relleno, menor el tamaño y mayor la dureza de sus partículas, la resina tendrá menor abrasividad.<sup>(28)</sup>

Leinfelder y col.<sup>(29)</sup> explican el fenómeno de la siguiente manera: Dado que el módulo elástico de la resina es menor que el de las partículas de relleno, las partículas que conforman el relleno son más resistentes al desgaste, comprimen la matriz en los momentos de presión (como las cargas cíclicas) y esto causa el desprendimiento de partículas de relleno y del agente de conexión silano, exponiéndose la



matriz, la cual es más susceptible al desgaste. Este fenómeno por pérdida de partículas de la superficie es conocido como "plucking out".

## **B. Textura Superficial**

Se define la textura superficial como la uniformidad de la superficie del material de restauración, <sup>(19)</sup> es decir, en las resinas compuestas la lisura superficial está relacionada en primer lugar con el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno y en segundo lugar con una técnica correcta de acabado y pulido. Una resina rugosa favorece la acumulación de placa bacteriana y puede ser un irritante mecánico especialmente en zonas próximas a los tejidos gingivales. <sup>(31)</sup> En la fase de pulido de las restauraciones se logra una menor energía superficial, evitando la adhesión de placa bacteriana, se elimina la capa inhibida y de esta forma se prolonga en el tiempo la restauración de resina compuesta. <sup>(32)</sup> Las resinas compuestas de nanorelleno proporcionan un alto brillo superficial. <sup>(14)</sup>

## **C. Coeficiente de Expansión Térmica**

Es la velocidad de cambio dimensional por unidad de cambio de temperatura. <sup>(33)</sup> Cuanto más se aproxime el coeficiente de

expansión térmica de la resina al coeficiente de expansión térmica de los tejidos dentarios, habrá menos probabilidades de formación de brechas marginales entre el diente y la restauración, al cambiar la temperatura. <sup>(34)</sup> Un bajo coeficiente de expansión térmica está asociado a una mejor adaptación marginal. Las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica unas tres veces mayor que la estructura dental, lo cual es significativo, ya que, las restauraciones pueden estar sometidas a temperaturas que van desde los 0° C hasta los 60° C. <sup>(35)</sup>

#### **D. Sorción Acuosa (adsorción y absorción) y Expansión Higroscópica.**

Esta propiedad está relacionada con la cantidad de agua absorbida por la superficie y absorbida por la masa de una resina en un tiempo y la expansión relacionada a esa sorción. <sup>(33)</sup> La incorporación de agua en la resina, puede causar solubilidad de la matriz afectando negativamente las propiedades de la resina fenómeno conocido como degradación hidrolítica. <sup>(36)</sup> Dado que la sorción es una propiedad de la fase orgánica, a mayor porcentaje de relleno, menor será la sorción de agua. <sup>(37)</sup> Baratieri <sup>(38)</sup> y Anusavice <sup>(39)</sup> refieren que la expansión relacionada a la sorción acuosa es

capaz de compensar la contracción de polimerización. Las resinas Híbridas proporcionan baja sorción acuosa.<sup>(23)</sup>

#### **E. Resistencia a la Fractura**

Es la tensión necesaria para provocar una fractura (resistencia máxima). Las resinas compuestas presentan diferentes resistencias a la fractura y va a depender de la cantidad de relleno, las resinas compuestas de alta viscosidad tienen alta resistencia a la fractura debido a que absorben y distribuyen mejor el impacto de las fuerzas de masticación.<sup>(40)</sup>

#### **F. Resistencia a la Compresión y a la Tracción**

Las resistencias a la compresión y a la tracción son muy similares a la dentina. Está relacionada con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor resistencia a la compresión y a la tracción.<sup>(38)</sup>

#### **G. Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material. Un material con un módulo de elasticidad elevado será más rígido; en cambio un material que tenga un módulo de

elasticidad más bajo es más flexible. En las resinas compuestas esta propiedad igualmente se relaciona con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor módulo elástico. <sup>(40)</sup>

## **H. Estabilidad del color**

Las resinas compuestas sufren alteraciones de color debido a manchas superficiales y decoloración interna. Las manchas superficiales están relacionadas con la penetración de colorantes provenientes principalmente de alimentos y cigarrillo, que pigmentan la resina. La decoloración interna ocurre como resultado de un proceso de foto oxidación de algunos componentes de las resinas como las aminas terciarias. <sup>(42)</sup> Es importante destacar que las resinas fotopolimerizables son mucho más estables al cambio de color que aquellas químicamente activadas. <sup>(43)</sup>

## **I. Radiopacidad**

Un requisito de los materiales de restauración conformados por resina es la incorporación de elementos radio opacos, tales como, bario, estroncio, circonio, zinc, iterbio, itrio y lantano, los cuales permiten interpretar con mayor facilidad a

través de radiografías la presencia de caries alrededor o debajo de la restauración. <sup>(39)</sup>

## **J. Contracción de Polimerización**

La contracción de polimerización es el mayor inconveniente de estos materiales de restauración. <sup>(44)</sup> Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de 4 nm. (Distancia de unión secundaria), al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 1.5 nm (distancia de unión covalente). Ese "acercamiento" o reordenamiento espacial de los monómeros (polímeros) provoca la reducción volumétrica del material. <sup>(45)</sup>

La contracción de polimerización de las resinas es un proceso complejo en el cual se generan fuerzas internas en la estructura del material que se transforman en tensiones cuando el material está adherido a las superficies dentarias. <sup>(46)</sup>

Según Chen y col., <sup>(47)</sup> las tensiones que se producen durante la etapa pregel, o la etapa de la polimerización donde el material puede aún fluir, pueden ser disipadas en gran medida con el flujo del material. Pero una vez alcanzado el punto de

gelación, el material no fluye y las tensiones en su intento de disiparse pueden generar:

- Deformación externa del material sin afectar la interfase adhesiva (si existen superficies libres suficientes o superficies donde el material no está adherido).
- Brechas en la interfase dientes restauración (si no existen superficies libres suficientes y si la adhesión no es adecuada).
- Fractura cohesiva del material restaurador (si la adhesión diente-restauración es buena y no existen superficies libres).
- En el mismo orden de ideas, gran variedad de monómeros han sido propuestos con la finalidad de reducir la contracción de polimerización, entre ellos, los llamados monómeros con capacidad de expansión, como los espiroortocarbonatos (SOC) <sup>(48)</sup> que se introdujeron en el mercado dental en la década de los 70, aunque no se popularizaron.

Del mismo modo, Stansburry <sup>(49)</sup>, desarrolló el SOC junto a un núcleo de dimetacrilato (SOCs), con la finalidad de reducir la contracción de polimerización y mejorar el grado de conversión de los composites, mediante el mecanismo de expansión polimérica y un sistema de polimerización paralelo de radicales libres.

Simultáneamente Byerley y col.<sup>(50)</sup> y Eick y col.,<sup>(51)</sup> sintetizaron SOC's unido a un núcleo de oxirano capaz de producir polimerización catiónica que también ayudaba a compensar la contracción de polimerización y mejoraba considerablemente el grado de conversión de los composites.

Asimismo, Krenkel y col.<sup>(52)</sup> presentaron un sistema experimental de resinas compuestas, cuya matriz orgánica se basaba en monómeros SOC, diepoxi y un grupo polyol, capaz de reducir el stress de polimerización comparado con un sistema de resinas patentado (Z100). A pesar de que ambos sistemas eran compatibles desde el punto de vista químico, no se comercializaron ya que el grado de conversión o índice de curado total del sistema SOC es menor que el sistema convencional de dimetacrilatos.<sup>(53)</sup> No obstante, estos índices pueden mejorar modificando la fotoreactividad del sistema SOC y añadiendo promotores de la reacción.<sup>(54)</sup> Por su parte, Condon y col.<sup>(55)</sup> y Freilich y col.,<sup>(56)</sup> concluyeron que las combinaciones de sistemas Epóxicos-Polyoles, muestran *in Vitro*, cambios volumétricos durante el proceso de polimerización entre un 40 y un 50% menores a los obtenidos con los sistemas tradicionales (BisGMA/TEDGMA); además, poseen propiedades mecánicas similares y menor capacidad de sorción acuosa.<sup>(57)</sup>

Otra alternativa es el SILORANO, el cual es una resina experimental de naturaleza hidrofóbica de 3M ESPE, la cual deriva de la combinación de los componentes químicos básicos de los siloxanos y oxiranos (grupos epóxicos).<sup>(58)</sup> La estructura del siloxano se introdujo para proveerle una naturaleza más hidrofóbica al silorano, lo cual reduce considerablemente la sorción acuosa del medio bucal, mejorando sus propiedades físicas y, a su vez, tienden a absorber menos los colorantes de la dieta, por lo tanto son mucho menos sensibles a la pigmentación exógena.<sup>(59)</sup>

### **3.2.2.3. Resinas compuestas que se usarán en el estudio**

#### **A. Resina de nanorelleno**

Restaurador universal, ahora presenta la exclusiva nanotecnología en un sencillo sistema de 8 tonos, combinando la fuerza de un híbrido con la belleza y pulido duradero de una resina de microrelleno.<sup>(60)</sup>

Los rellenos son una combinación de rellenos de sílice de 20 nm no aglomerado/no agregado, relleno de circonia de 4 a 11 nm no aglomerado/no agregado y relleno de sílice/circonia agregado compuesto de partículas de sílice de 20 nm y de circonia de 4 a 11 nm). Las tonalidades de la dentina esmalte y cuerpo del diente



tienen un tamaño de partículas agrupadas promedio de 0.6 a 10 micras. La carga de relleno inorgánico es aproximadamente del 78.5% por peso (63.3% por volumen). Contiene resinas bis-GMA, UDMA, PEGDMA y bis-EMA.

Está diseñado para polimerizarse con la exposición a una luz halógena o diodo emisor de luz (LED) con una intensidad mínima de 400 mW/cm<sup>2</sup> en el rango de 400-500 nm durante 20 segundos.

**Ventajas:**

- Resultados estéticos más fáciles de lograr con la técnica de 1 tono.
- Se manipula fácilmente y no se adhiere a los instrumentos.
- Presenta un mayor pulido inicial, el cual se mantiene a largo plazo gracias a la nanotecnología de su relleno.
- Excede las expectativas de fuerza y resistencia al desgaste. Las nanoaglomeraciones se separan durante el proceso de desgaste para conservar el efecto óptico de la pérdida de una partícula de tamaño nanométrico, en lugar de la pérdida de una partícula del tamaño de una micra.

(60)

**Indicaciones:**

- Restauraciones altamente estéticas, directas e indirectas del sector anterior y posterior.
- Reconstrucción de cúspides.
- Restauraciones indirectas que incluyan inlays, onlays y carillas.<sup>(60)</sup>

**Presentación:**

Estuche de 5 jeringas (A1, A2, A3, A3.5, B2)

**B. Resina nanohíbrida**

Es un composite nanohíbrido, fotopolimerizable y radiopaco para el tratamiento restaurador. Basado en la tecnología de nano-optimizada desarrollada para los procedimientos restauradores directos. De aplicación universal indicada para restaurar los dientes en la región anterior y posterior. Su tecnología de relleno nano-optimizado es el responsable de su exclusivo efecto camaleón con resultados estéticos y naturales.

Ha demostrado su excepcionalmente radiopacidad facilitando notablemente el diagnóstico de caries secundaria y los excedentes de material.<sup>(61)</sup>

Se compone de dimetacrilatos (19 – 20% en peso). Los rellenos contienen vidrio de Bario, trifluoruro de iterbio, óxidos mixtos y copolímeros (80 – 81% en peso).

Otros componentes son aditivos, catalizadores y pigmentos (<1% en peso). El contenido total de rellenos inorgánicos es de 55 – 57% en volumen. El tamaño de partículas de los rellenos inorgánicos está entre 40 nm y 3000 nm. <sup>(61)</sup>

Está diseñada para polimerizarse con la exposición de un diodo emisor de luz (LED) con una intensidad  $\geq 500 \text{ mW/cm}^2$  durante 20 segundos.

**Ventajas:**

- Sus Nano rellenos mejoran las propiedades del material:
  - Baja contracción y estrés de contracción.
  - Alto nivel de radiopacidad.
  - Bajo el desgaste.
  - Rápido y pulido de alto brillo.
  
- Sus Nano pigmentos son responsables de único efecto camaleón del material y del resultado estético natural.

- Sus Nano modificadores garantizan una óptima estabilidad, excelentes propiedades de esculpido y conveniente manejo.
- Es posible su polimerización en sólo 10 segundos ( $\geq 1,100 \text{ mW/cm}^2$  por incremento de capas). <sup>(61)</sup>

### **3.2.3. Dureza superficial**

Es una propiedad de gran importancia al comparar los materiales de restauración, se puede definir como la resistencia que ofrece el material a la indentación, penetración o hendidura permanente de su superficie. La dureza es una medida de la resistencia a la deformación plástica y se mide como la fuerza por unidad de superficie de indentación. <sup>(33)</sup> Su magnitud se expresa como valor de dureza o número de dureza cuyo valor depende del método utilizado para su evaluación. En general, valores bajos de número de dureza indican un material blando y viceversa. <sup>(33,62)</sup>

Basándose en esta definición de dureza, queda clara la importancia que tiene esta propiedad en odontología. La dureza indica la facilidad para el acabado de una estructura y su resistencia a los arañazos. El acabado o pulido de una estructura tiene una gran importancia estética, los arañazos pueden reducir la resistencia a la fatiga y dar lugar a fallos prematuros. <sup>(33)</sup>

### **3.2.3.1. Sistemas de medición**

Existen distintas pruebas para medir la dureza, se diferencian entre sí por el material, la geometría y la carga del indentador. Los indentadores pueden ser de acero, carburo de tungsteno o diamante y tener la forma de una esfera, un cono o una pirámide. La elección de una prueba de durometría depende del material estudiado, de la dureza que previsiblemente pueda tener y del grado de localización que se desee.

Independientemente de la prueba, el método general para medir la dureza consiste en aplicar una fuerza estandarizada o un peso determinado sobre la punta penetradora, esta fuerza produce una indentación de forma simétrica en la cual se puede medir la profundidad, la superficie o el ancho por medio de un microscopio. Luego se correlacionan las dimensiones de la indentación con valores ya tabulados. Las dimensiones de la indentación varían en forma inversa con respecto a la resistencia a la penetración del material examinado. <sup>(33,62)</sup>

Algunos de los métodos más utilizados para comprobar la dureza de los materiales de restauración son:

#### A. Prueba de durometría de Brinell

La prueba de durometría de Brinell es de las más antiguas de las que utilizan para el estudio de metales y aleaciones de uso odontológico. El método se basa en la resistencia ofrecida a la penetración de una pequeña esfera de acero o de carburo de tungsteno, generalmente de 1,6 mm de diámetro, cuando se la somete a un peso de 123 N. al medir la dureza de Brinell de un material, el indentador permanece en contacto con la muestra estudiada durante un tiempo fijo de 30 segundos, después del cual se retira el indentador y se mide con cuidado el diámetro de la indentación. Para calcular el valor de dureza resultante, que se conoce como número de dureza de Brinell (BHN), se mide el cociente entre la carga aplicada y la superficie de la indentación producida, el BHN se expresa en  $\text{Kg/mm}^2$ .<sup>(33,62)</sup>

Cuanto menor sea la indentación más duro será el material y mayor será el valor del BHN. Esta prueba produce una superficie de indentación relativamente grande y debido a ello, esta prueba es válida para determinar la dureza media y poco recomendable para determinar valores muy localizados. Para obtener impresiones más pequeñas, se usan indentadores más duros que las bolas de acero; de ahí el uso de otros métodos.<sup>(33,62)</sup>

## B. Prueba de durometría de Rockwell

Esta prueba se desarrolló como método para poder determinar la dureza de un material con gran rigidez. Normalmente se emplea un indentador, que puede ser una bola de acero o un cono de diamante cuyo ángulo en el vértice es de  $120^\circ$  y terminando en un redondeamiento de 0,2 mm de radio. Con este método se mide la profundidad de la indentación por medio de un micrómetro de escala muy sensible. Se emplean indentadores de esfera o de cono de diámetros diferentes, así como diferentes valores de cargas (de 60 a 150Kg); cada combinación se describe como una escala especial de Rockwell. <sup>(33)</sup>

En esta prueba actúan dos cargas diferentes. Primero se aplica una carga pequeña para eliminar el error que introducen las irregularidades superficiales. Tras esto, se aplica una carga mucho mayor sin mover el espécimen. A la carga pequeña se le denomina precarga y a la suma de la carga pequeña y la carga grande, carga de ensayo. <sup>(62)</sup>

Esta prueba existe una variación que es la prueba superficial de Rockwell en la cual se usan cargas de menor valor, esta prueba ha sido usada para estudiar los plásticos usados en odontología. En esta variación se usa una precarga

relativamente pequeña (3 Kg) y una carga relativamente pequeña también (15-45 Kg). <sup>(33,62)</sup>

Los inconvenientes de esta prueba son que se necesita una precarga, se requiere más tiempo y la indentación puede desaparecer en cuanto se quita la carga. <sup>(33)</sup>

### **C. Prueba de durometría de Knoop**

Esta prueba fue ideada para cubrir las necesidades de un método de ensayo por microindentación. Consiste en la aplicación de una carga a un instrumento indentador de diamante cuidadosamente preparado y la posterior medición de las dimensiones de las diagonales de la indentación resultante en el material. El número de dureza de Knoop es el cociente entre la carga aplicada y la superficie de la indentación. <sup>(33)</sup>

Este método está diseñado para que se puedan aplicar cargas variables sobre el indentador. Por consiguiente, la superficie de la indentación resultante variará dependiendo de la carga aplicada y de la naturaleza del material investigado. Este método tiene la ventaja de que se pueden estudiar materiales de dureza muy diferentes simplemente cambiando la magnitud de la carga aplicada. Dado que



aplicando cargas muy leves se obtienen microindentaciones muy delicadas, se puede emplear este método para examinar materiales con zonas de diferente dureza. <sup>(33)</sup>

#### **D. Prueba de durometría de Shore A**

Las pruebas descritas anteriormente no se pueden utilizar para determinar la dureza de las gomas, ya que la indentación desaparece al retirar la carga. Ésta prueba se utiliza para determinar la dureza relativa de los elastómeros.

#### **E. Prueba de durometría de Vickers**

Esta prueba (V.H.N., Vickers Hardness Number; V.P.N., Vickers Pyramidal Number; o D.P.H., Diamond Pyramidal Number) está determinada por un penetrador constituido por una pirámide de diamante con base cuadrangular cuyas caras opuestas forman, entre ellas un ángulo de 136 grados, permitiendo una prueba muy corta y dando impresiones poco profundas, piramidales, de superficie lateral S, de forma que:

$$H = \frac{P}{S} = 14,23 \frac{P}{D^2}$$

### **3.2.4. pH**

En 1909 Sørensen introdujo el término pH, quién lo definió como el logaritmo negativo de la concentración de ión hidrógeno. Esta definición, si bien dista de ser rigurosa, es suficiente para muchos propósitos bioquímicos. <sup>(63)</sup>

Los valores de pH menores a 7.0 corresponden a concentraciones altas de  $H^+$  y los valores mayores de pH corresponden a concentraciones bajas de  $H^+$ . <sup>(63)</sup>

### **3.2.5. Bebida carbonatada**

La línea de bebidas carbonatadas constituye, en términos de participación en las ventas, la categoría más relevante en la capital y en las principales ciudades del Perú.

La bebida carbonatada es una bebida endulzada, saborizada, efervescente (carbonatada) y sin alcohol, que en algunos casos tienen sales o minerales incluidos y son cargadas con dióxido de carbono.

Estas bebidas suelen consumirse frías, para ser más refrescantes y para evitar la pérdida de dióxido de carbono, que le otorga la efervescencia.

El agua con dióxido de carbono produce un equilibrio químico con el ácido carbónico:

Sus principales componentes son:

- Agua carbonatada

Es la base esencial para la producción de cualquier gaseosa.

En grandes fábricas primero se desmineraliza el agua, y luego se le agregan minerales en cantidades predeterminadas.

- Aditivos

- Edulcorantes: le confieren sabor dulce, se separan según su procedencia en tres clases:

- a) Naturales: sacarosa (azúcar de mesa).

Generalmente se utilizan otros azúcares, que endulzan menos, traen los mismos problemas de diabetes por gramo (es decir, que traen más problemas para el mismo sabor dulce), pero resultan más baratas. Actualmente la más utilizada es la fructosa (JMAF, jarabe de Maíz de Alfa Fructosa).

- b) Sintéticos: son más baratos, pero pueden tener sabores no muy agradables, y algunos

se relacionan con ciertos cánceres. Por ejemplo: Ciclamato (E 952), Acesulfamo K (E 950), Aspartamo (E 951).

c) Naturales, pero que no aportan glucosa: los glucósidos steviósidos y rebaudiósidos obtenidos de la planta Stevia rebaudiana no aumentan la glucemia, pero son hasta 300 veces más dulces que el azúcar.

- Acidulante: le proporcionan la acidez adecuada.
- Estabilizantes de la acidez.
- Colorantes.
- Aromatizantes.
- Conservantes.
- Antioxidantes.
- Espesante

### **Acidulación**

Los principales ácidos usados son el cítrico, el fosfórico y el tartárico; el ácido láctico y málico también son usados pero en menor cantidad. De todos estos ácidos el único que no es orgánico es el fosfórico.

### **3.3. Hipótesis**

#### **3.3.1. Hipótesis General**

Existe diferencia significativa entre la microdureza superficial de las resinas de nanorelleno y nanohíbridas luego de ser sometidas a una bebida carbonatada de pH 2.53 y una bebida carbonatada de pH 3.04.

#### **3.3.2. Hipótesis Operacionales**

- La microdureza superficial de una resina de nanorelleno presenta diferencia significativa después de ser sometida a la acción de una bebida carbonatada de pH 2.53.
- La microdureza superficial de una resina nanohíbrida presenta diferencia significativa después de ser sometida a la acción de una bebida carbonatada de pH 2.53.
- La microdureza superficial de una resina de nanorelleno presenta diferencia significativa después de ser sometida a la acción de una bebida carbonatada de pH 3.04.
- La microdureza superficial de una resina nanohíbrida presenta diferencia significativa después de ser sometida a la acción de una bebida carbonatada de pH 3.04.

- Existe diferencia significativa en la variación de la microdureza superficial de la resina de nanorelleno después de ser sometida a una bebida carbonatada de pH 2.53 y una bebida carbonatada de pH 3.04.
- Existe diferencia significativa en la variación de la microdureza superficial de la resina nanohíbrida después de ser sometida a una bebida carbonatada de pH 2.53 y una bebida carbonatada de pH 3.04.

### **3.4. Operacionalización de variables**

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Bebida carbonatada

**CONCEPTO:** Bebida de consumo humano producida en una planta industrial, posee saborizantes, dióxido de carbono y acidulantes.

**INDICADOR:** pH.

**ESCALA** : Nominal.

- **VARIABLE DEPENDIENTE:** Microdureza superficial de las resinas de nanotecnología.

**CONCEPTO:** Resistencia que presenta un material a la indentación o penetración de forma permanente en su superficie.

**INDICADOR:** Nanorelleno / Nanohíbrida

Cantidad de resistencia a la indentación que presenta la superficie de cada material medido en  $\text{Kg/mm}^2$ .

Estos pueden ser de nanorelleno o nanohíbrida.

**ESCALA** : Razón

#### 4. METODOLOGÍA

##### 4.1. Tipo de investigación

Esta investigación se realizó in vitro, es de tipo experimental, prospectiva y longitudinal; ya que se contó con un grupo control y un grupo de estudio por cada material, donde los grupos de estudio fueron sometidos a un factor de riesgo. Los datos fueron registrados al inicio y al término de la parte experimental del estudio.

## **4.2. Población y muestra**

La muestra estuvo constituida por treinta bloques cilíndricos de 7mm de diámetro por 2mm de altura de los cuales quince fueron elaborados con la resina de nanorelleno y quince con la resina nanohíbrida. Los bloques fueron distribuidos en dos grupos según el tipo de resina (quince en cada grupo) de los cuales: cinco bloques fueron sometidos a una bebida carbonatada de pH 2.53; cinco bloques, a una bebida carbonatada de pH 3.04 y cinco bloques pertenecieron al grupo control.

## **4.3. Procedimientos y técnica**

### **a. Preparación de bloques cilíndricos**

Para la elaboración de los bloques cilíndricos se utilizó moldes metálicos de 7mm de diámetro por 2mm de altura, los cuales fueron rellenos con los materiales a estudiar, éstos materiales fueron utilizados respetando las indicaciones de los fabricantes. La temperatura y humedad fueron las que correspondan en ese momento a la ciudad de Lima.

Se elaboraron quince bloques cilíndricos de resina de nanorelleno y quince bloques cilíndricos de la resina nanohíbrida, éstos bloques se colocaron sobre una platina de vidrio, se fue colocando capas de resina de 1mm de espesor utilizando la técnica incremental y se procedió a fotocurar el tiempo que está indicado para cada material, con una lámpara Litex<sup>TM</sup> 695 con



intensidad de  $450 \text{ mW/cm}^2$ . Al momento de realizar la última capa de resina se presionó con una lámina de vidrio para lograr una superficie plana y darle paralelismo con la base del bloque.

Los bloques cilíndricos fueron distribuidos en dos grupos según el tipo de resina y colocados en recipientes plásticos que contenían suero fisiológico y en un ambiente oscuro para permitir su polimerización postradiación.

Después de siete días se retiraron los bloques cilíndricos de los recipientes y se procedió a pulir la superficie superior con discos de mayor a menor grano a baja velocidad.

La parte inferior de los moldes fueron rotuladas con números del 1 al 15 por cada grupo, la rotulación fue de color azul para los bloques cilíndricos de la resina de nanorelleno y de color verde para los bloques cilíndricos de la resina nanohíbrida. Los bloques cilíndricos del 1 al 05 pertenecieron al grupo control, los bloques cilíndricos del 06 al 10 pertenecieron al grupo de la bebida carbonatada de pH 3.04 y los bloques cilíndricos del 11 al 15 pertenecieron al grupo de la bebida carbonatada de pH 2.53.

Finalmente la superficie superior de los bloques cilíndricos se limpió con suero fisiológico por un tiempo de 8 minutos y luego fueron almacenados en recipientes que contenían suero fisiológico, estos recipientes estaban rotulados con el nombre de la resina y el de la bebida carbonatada a la cual iban a ser sometidos los bloques cilíndricos.

**b. Medición de la microdureza superficial inicial**

La medición de la microdureza superficial se realizó en el laboratorio de Sputtering de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó el método de Vickers con un microdurómetro High Quality Microhardner BUEHLER®, cada muestra fue sometida a cinco indentaciones de 100g por 15 segundos en diferentes áreas de la superficie pulida de cada bloque cilíndrico.

Para hallar el valor de microdureza superficial se midió las diagonales de cada hendidura producida por cada indentación realizada, en total fueron 10 diagonales cuyos valores fueron promediados y este valor fue trasladado a una tabla (BUEHLER Tables for Knoop and Vickers Hardness Numbers) proporcionada por el fabricante del microdurómetro donde se relacionó de manera directa el valor promedio obtenido con el número de dureza expresado en  $\text{kg/mm}^2$ .

**c. Experimento**

Los bloques correspondientes al grupo de “estudio” de cada material fueron retirados de la solución de almacén, secados con la jeringa triple (aire comprimido) y papel absorbente y colocados en cuatro recipientes plásticos rotulados con el nombre de la resina y la bebida carbonatada a usar, en éstos recipientes se colocó 100ml de la bebida carbonatada correspondiente inmediatamente después de abrir el envase, éstos bloques

estuvieron sometidos a la acción de la bebida por un periodo de 10 minutos a temperatura ambiente. Al cabo de este tiempo los bloques fueron enjuagados con agua destilada y secados con la jeringa triple y papel absorbente, para luego ser almacenados en suero fisiológico, el cual fue renovado cada día.

El experimento se realizó una vez al día, durante 7 días, en un intervalo de 24 horas entre cada procedimiento; para cada día del experimento se utilizó una bebida carbonatada nueva para garantizar sus propiedades.

Los bloques correspondientes al grupo “control” de cada material se mantuvieron en suero fisiológico el cual fue renovado cada 24 horas durante los 7 días que duró la parte experimental.

**d. Medición de la microdureza superficial final**

Después de los siete días que duró el experimento, los bloques cilíndricos fueron enjuagados con agua destilada, secados con la jeringa triple y papel absorbente, y se volvió a medir la microdureza superficial de los 30 bloques cilíndricos utilizando el mismo sistema, carga y régimen de tiempo que para la medición inicial.

#### **4.4. Procesamiento de datos**

Los resultados fueron procesados evaluando la normalidad de las medidas de la microdureza superficial con la prueba Kolmogorov-Smirnov; luego se usó la prueba T-Student para determinar si hubo o no una variación estadísticamente significativa en la microdureza superficial de las resina, se usó también la prueba Anova para determinar si hubo o no diferencia estadísticamente significativa entre los valores de la microdureza inicial y final de una misma resina y se usó la prueba Post Hoc de Turkey para identificar cual material presentará mayor cambio en la microdureza.

#### **4.5. Análisis del Resultado**

Los resultados obtenidos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS 15.0. Primero se evaluó la normalidad de las medidas de microdureza superficial obtenidas tanto inicial como final, para lo cual se usó la prueba de normalidad KOLMOGOROV-SMIRNOV. Se realizaron cálculos de: Media y desviación estándar.

Se utilizó la prueba T – STUDENT para comparar la microdureza inicial y final de los dos tipos de resina utilizadas, tanto para los grupos de las bebidas carbonatadas como para el grupo control y así determinar si hubo o no variación estadísticamente significativa entre las medidas iniciales y finales.

Para determinar si había diferencia estadísticamente significativa entre las variaciones de la microdureza superficial de cada resina frente a la acción de una y otra bebida carbonatada, se usó la prueba comparativa de ANOVA, dado que las variaciones mostraron normalidad en la prueba de KOLMOGOROV-SMIRNOV.

Para comparar la variación de la microdureza superficial y determinar si hubo diferencias estadísticamente significativa por pares, se utilizó la prueba de comparación múltiple HSD DE TUKEY.

## 5. RESULTADOS

### T-STUDENT PARA COMPARAR LA MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL Y FINAL DE LA RESINA DE NANORELLENO DESPUÉS DE SER SOMETIDA A BEBIDA CARBONATADA DE pH 3.04

	Microdureza inicial	Microdureza final
N	25	25
Media	92.4180	74.5180
Desv. Estándar	1.46194	4.78213
Mínimo	90.30	64.25
Máximo	96.90	82.90

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Típ.	Error Típ. De la medida	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Superior	Inferior			
Microdureza inicial Microdureza posterior a la bebida carbonatada -	-17.90000	5.36153	1.07231	-20.11313	-15.68687	-16.693	24	.000

Existe diferencia estadísticamente significativa entre la dureza inicial y final. La microdureza final disminuye después de ser sometida a la bebida carbonatada a un pH de 3.04.

**T-STUDENT PARA COMPARAR LA MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL Y FINAL DE LA RESINA NANOHÍBRIDA DESPUÉS DE SER SOMETIDA A BEBIDA CARBONATADA DE pH 2.53**

	Microdureza inicial	Microdureza final
N	25	25
Media	54.8340	34.2680
Desv. Estándar	.70174	5.26838
Mínimo	53.70	24.00
Máximo	56.10	42.45

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Típ.	Error Típ. De la medida	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Superior	Inferior			
Microdureza inicial-microdureza final (posterior a la bebida carbonatada)	-20.56600	5.22481	1.04496	-22.72270	-18.40930	-19.681	24	.000

Prueba T student para muestras relacionadas.  $p = 0.000$

Existe diferencia estadísticamente significativa entre la dureza inicial y final. La microdureza final disminuye después de ser sometido a la bebida carbonatada de pH 2.53.

**T-STUDENT PARA COMPARAR LA MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL Y FINAL DE LA RESINA DE NANORELLENO DESPUÉS DE SER SOMETIDA A BEBIDA CARBONATADA DE pH 3.04**

	Microdureza inicial	Microdureza final
N	25	25
Media	92.4180	74.5180
Desv. Estándar	1.46194	4.78213
Mínimo	90.30	64.25
Máximo	96.90	82.90

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Típ.	Error Típ. De la medida	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Superior	Inferior				
Microdureza inicial- microdureza final (posterior a suero fisiológico)	-17.90000	5.36153	1.07231	-20.11313	-15.68687	-16.693	24	.000	

Prueba T student para muestras relacionadas.  $p= 0.000$ .

Existe diferencia estadísticamente significativa entre la dureza inicial y final. La microdureza final disminuye después de ser sometido a la bebida carbonatada a un pH de 3.04



**T-STUDENT PARA COMPARAR LA MICRODUREZA SUPERFICIAL INICIAL Y FINAL DE LA RESINA NANOHÍBRIDA DESPUÉS DE SER SOMETIDA A BEBIDA CARBONATADA DE pH 3.04**

	Microdureza inicial	Microdureza final
N	25	25
Media	54.5780	42.6660
Desv. Estándar	.92478	2.82672
Mínimo	53.25	36.50
Máximo	56.20	48.95

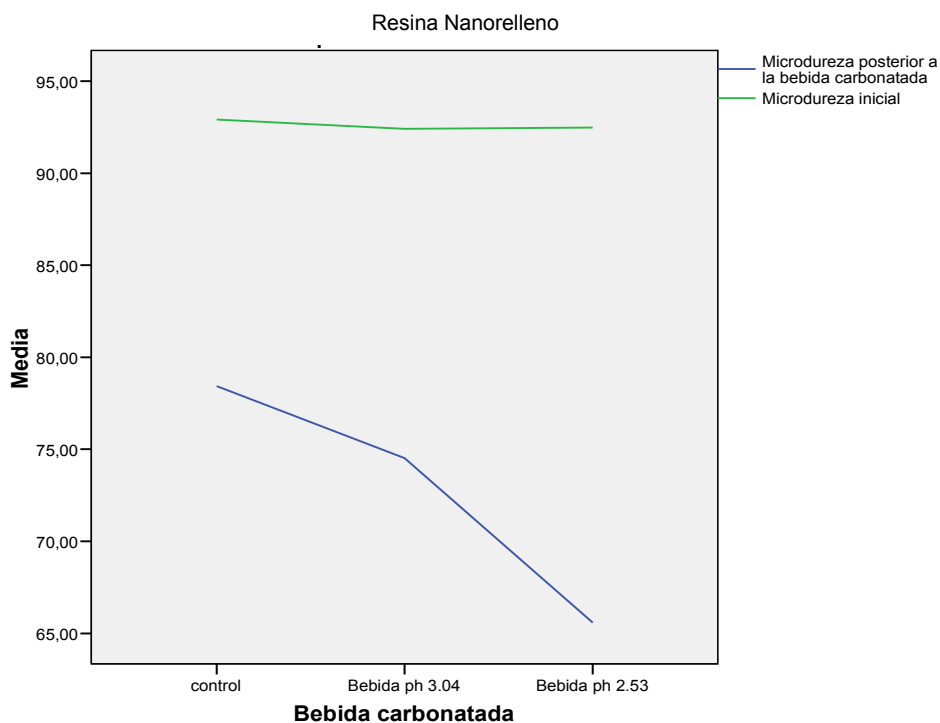
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación Típ.	Error Típ. De la medida	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Superior	Inferior			
Microdureza inicial-microdureza final (posterior a la bebida carbonatada)	-11.91200	3.05625	.61125	-13.17356	-10.65044	-19.488	24	.000

Prueba T student para muestras relacionadas.  $p= 0.000$ .

Existe diferencia estadísticamente significativa entre la dureza inicial y final. La microdureza final disminuye después de ser sometido a la bebida carbonatada a un pH de 3.04.

**ANOVA PARA COMPARAR LA VARIACIÓN DE LA MICRODUREZA  
SUPERFICIAL DE LA RESINA DE NANORELLENO DESPUÉS DE SER  
SOMETIDA A BEBIDA CARBONATADA DE pH 2.53 Y BEBIDA CARBONATADA  
DE pH 3.04**

	Bebida carbonatada	N	Media	Desviación estandar	P (Anova)
Microdureza inicial	Control	25	92.9200	2.10322	0.655
	Bebida pH 3.04	25	92.4180	1.46194	
	Bebida pH 2.53	25	92.4760	2.59720	
Microdureza final	Control	25	78.4320	3.48069	0.000
	Bebida pH 3.04	25	74.5180	4.78213	
	Bebida pH 2.53	25	65.5840	6.35731	

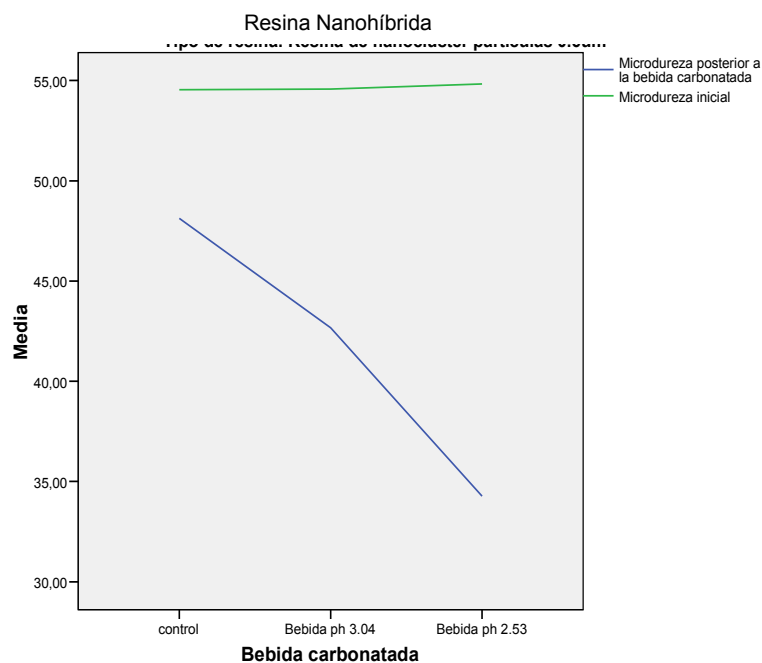


Al aplicar Anova la microdureza posterior al sometimiento de bebidas carbonatadas obtuvo:  $p = 0.00$ . Existen diferencias estadísticamente significativas.

En la microdureza inicial no existieron cambios  $p = 0.655$ .

**ANOVA PARA COMPARAR LA VARIACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE  
LA RESINA NANOHÍBRIDA DESPUÉS DE SER SOMETIDA A BEBIDA  
CARBONATADA DE pH 2.53 Y BEBIDA CARBONATADA DE pH 3.04**

Bebida		N	Media	Desviación estándar	P (Anova)
Microdureza inicial	Control	25	54.5460	0.66582	0.358
	Bebida de pH 3.04	25	54.5780	0.92478	
	Bebida de pH 2.53	25	54.8340	0.70174	
Microdureza final	Control	25	48.1180	4.03392	0.000
	Bebida pH 3.04	25	42.6660	2.82672	
	Bebida pH 2.53	25	34.2680	5.26838	



Al aplicar la prueba Anova a la microdureza final de las resinas se obtuvo:  $p=0.00$ . Existen diferencias estadísticamente significativas.

En la microdureza inicial no existieron cambios:  $p=0.358$ . No existen diferencias estadísticamente significativas.

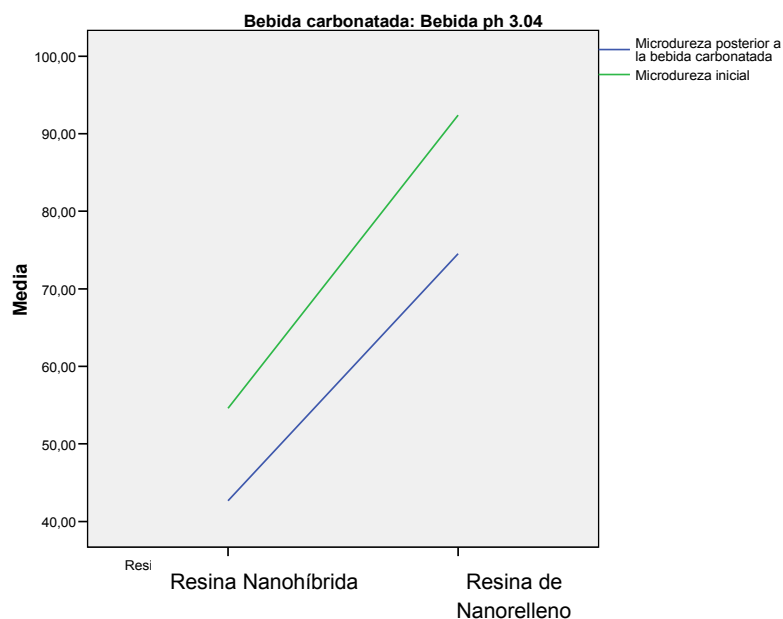
**T-STUDENT PARA COMPARAR LA VARIACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL ENTRE LAS RESINAS DE NANORELLENO Y NANOHÍBRIDAS DESPUÉS DE SER SOMETIDAS A BEBIDA CARBONATADA DE pH 2.53**

Tipo de resina		N	Media	Desviación estándar	P (Tstudent)
Microdureza inicial	Resina Nanohíbrida	25	54.8340	0.70174	0.000
	Resina de Nanorelleno	25	92.4760	2.59720	
Microdureza final	Resina Nanohíbrida	25	34.2680	5.26838	0.000
	Resina de Nanorelleno	25	65.5840	6.35731	

Se observa que la resina de nanorelleno tiene mayor microdureza inicial y final después de la acción de la bebida carbonatada de pH 2.53. ( $p=0.000$ ).

**T-STUDENT PARA COMPARAR LA VARIACIÓN DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL ENTRE LAS RESINAS DE NANORELLENO Y NANOHÍBRIDAS DESPUÉS DE SER SOMETIDAS A BEBIDA CARBONATADA DE pH 3.04**

Tipo de resina		N	Media	Desviación estándar	P (T student)
Microdureza inicial	Resina Nanohíbrida	25	54.5780	0.92478	0.000
	Resina de Nanorelleno	25	92.4180	1.46194	
Microdureza final	Resina Nanohíbrida	25	42.6660	2.82672	0.000
	Resina de Nanorelleno	25	74.5180	4.78213	



Se observa que la resina de nanorelleno tiene mayor microdureza inicial y mayor microdureza final después de la acción de la bebida carbonatada de pH 3.04. ( $p=0.000$ ).

## 6. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio señalan que la microdureza superficial de ambas resinas es afectada por la acción de las bebidas carbonatadas de pH 2.53 y 3.04, ésta afección se ve reflejada en la disminución estadísticamente significativa por lo que nos podría conducir a un mayor desgaste y un menor tiempo de permanencia de la restauración en boca.

Se observó que la resina nanohíbrida tuvo resultados de microdureza superficial menores a los de la resina de nanorelleno.

Se observó también que la bebida carbonatada de pH 2.53 produjo la mayor disminución de la microdureza superficial en ambas resinas.

LUSI et al. determinaron que la bebida carbonatada Sprite presentó la mayor disminución de la microdureza superficial en dientes primarios y permanentes, mientras que el yogur mostró un aumento de la microdureza superficial en los dientes primarios.<sup>(2)</sup>

MAS A. Demostró que hubo una disminución significativa de la microdureza superficial del esmalte en los especímenes sometidos a las tres bebidas en estudio. La bebida que produjo mayor efecto erosivo fue la carbonatada de pH 3.04, lo cual coincide con este estudio, que ha menor pH, mayor será la disminución de la dureza superficial.<sup>(3)</sup>

TAUQUINO J. Observó que hubo mayor disminución en la resina compuesta microhíbrida, seguida del ionómero vítreo de restauración y finalmente de la resina compuesta fluida, con lo cual puede sugerir que el efecto de la bebida carbonatada es a nivel del relleno inorgánico, pues vio una relación directa entre el porcentaje de relleno inorgánico y la disminución de la microdureza superficial. <sup>(4)</sup>

GÓMEZ S. encontró que hubo disminución significativa de la microdureza superficial en la mayoría de las resinas (Tetric Evo Ceram, Filtek Z250, Filtek Z350, Filtek P60, Filtek Supreme **XT**, y Premisa) sometidas a la acción de la bebida gaseosa, exceptuando Tetric Evo Ceram. <sup>(5)</sup>

LIÑÁN C. al evaluar el efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas sobre la superficie del esmalte dental encontró diferencia significativa entre los valores de microdureza inicial y final de los especímenes, siendo mayor el efecto erosivo de la bebida Kola Real®, similar a la Coca Cola®, mientras que la Inca Kola® presentó el menor efecto erosivo. <sup>(6)</sup>

## 7. CONCLUSIONES

1. La microdureza superficial de la resina de nanorelleno disminuye significativamente luego de ser sometida a las bebidas carbonatadas.
2. La microdureza superficial de la resina nanohíbrida disminuye significativamente luego de ser sometida a las bebidas carbonatadas.
3. La microdureza superficial de las resinas de nanorelleno y nanohíbrida experimenta una disminución estadísticamente significativa luego de ser sometida a la bebida carbonatada de pH 2.53.
4. La microdureza superficial de las resinas de nanorelleno y nanohíbrida experimenta una disminución estadísticamente significativa luego de ser sometida a la bebida carbonatada de pH 3.04.
5. La resina de nanorelleno experimentó menor disminución de la dureza superficial que la resina nanohíbrida al ser sometidas a ambas bebidas carbonatadas
6. La bebida carbonatada de pH 2.53 produjo la mayor disminución de la microdureza superficial en ambas resinas.



## **8. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la realización de estudios similares donde esté presente la saliva como buffer.
2. Se recomienda la realización de estudios con otros tipos de bebidas de alto consumo en la sociedad como son las bebidas light y bebidas alcohólicas, para de esta manera poder orientar a los pacientes.
3. Se recomienda realizar otros estudios haciendo una variación en el tiempo de fotopolimerización de las resinas, para saber si éste influye o no en su dureza superficial.
4. Informar a los pacientes que las bebidas carbonatadas no solo causan daño a los dientes sino también a las restauraciones.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ANUSAVICE KJ, PHILLIPS. Ciencia de los materiales dentales. 11<sup>o</sup> ed.  
Madrid, España.
2. LUSSI A. KOHLER N. ZERO D. SCHAFFNER M. MEGERT B. A  
comparasion of the erosive potential of different beverages in primary and  
permanent teeth using an in vitro model. Eur J Oral Sci 2000; 108: 110- 104.
3. MAS AC. Efecto erosivo valorado a través de la microdureza superficial del  
esmalte dentario, producido por tres bebidas industrializadas de alto  
consumo en la Ciudad de Lima. Estudio in vitro (tesis). Lima (Perú):  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2002.
4. TAUQUINO JF. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una  
resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluída y un cemento  
ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida  
carbonatada (tesis). Lima (Perú): Universidad Nacional Mayor de San  
Marcos; 2002.

5. GÓMEZ S. NORIEGA M. GUERRERO J. BORGES A. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de diferentes resinas comerciales, frente a la acción de una bebida gaseosa.
6. LIÑAN C. MENESES A. DELGADO L. Evaluación in vitro del efecto erosivo de tres bebidas carbonatadas sobre la superficie del esmalte dental.2007
7. ANDRÉS CABRERIZO D. María Ciencias para el Mundo Contemporáneo. Editorial Editex 2008.
8. ALVES CARDOSO R. NOGUEIRA GONCALVES E. Estética Odontológica Nueva Generación. Editora Artes Médicas, Sao Paulo – Brasil, **2003**.
9. BARRANCOS MOONEY J. Operatoria Dental Integración Clínica 4<sup>ta</sup> ed. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, 2006.
10. RODRIGUEZ G. PEREIRA S. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. Acta Odontológica Venezolana volumen 46 N° 3 / 2008.

11. LUTZ F, PHILLIPS R. A classification and evaluation of composite resin systems. J Prosthet Dent. (1983) 50(4):480-8.
12. BAYNE S. TAYLOR D. Arte y ciencia Operatoria dental, tercera edición. Harcourt Brace. Madrid, (1999).
13. PHILLIPS, R. AVERY, D. MEHRA, R. SWATZ, M. MCCONE, R. Observations on a composite resin for class II restorations: Three-years report. J. Prost. Dent. (1973); 30(6):891-897.
14. BELVEDERE, P. Posterior composites experiencing growth trend. Dentistry Today. (1999); 18(3). 44: 46-47.
15. TVEIT, A. ESPELID, I. Radiographic diagnosis of caries and marginal defect in connection with radiopaque composite fillings. Dent. Mter (1986); 2: 159-162.
16. LANG, B. JAARDA, M. WANG, R. Filler particle size and composite resin classification systems. J Oral Rehabil. (1992); 19: 569-584.
17. BAYNE, C. PERSPECTIVE: Our future in restorative dental materials. J. Esthetic Dent. (2000); 12:175-183.

18. MIYASAKA, T. Effects of shape and size of silanated fillers on mechanical properties of experimental photo cure composite resins. J. Dent materials. (1996); 15: 98-110.
19. BRAGA R. BALLESTER R. FERRACANE J. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dent Mater (2005) ;21: 962-70.
20. WAKEFIELD C. KOFFORD K. Advances in restorative materials. Dent Clin North Am. 2001; 45:7-29.
21. LUTZ F. KREJCI I. OLDENBURG T. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: A new restorative technique. Quintessence Int (1986); 17: 777-784.
22. DIETSCHI D, MAGNE P, HOLZ J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. Quintessence Int. (1994);10:659-677.
23. YIN R. HEISS M. SHARP L. SUH B. Development and physical properties of a new low shrinkage composite. J. Dent. Res. (2002). 80: 514.

24. GERALDI, S. PERDIGÃO, J. Microleakage of a New Restorative System in Posterior Teeth. J. Dent. Res. (2003); 81:127-65.
25. HENOSTROZA G. Adhesión en Odontología Restauradora 2<sup>da</sup> ed. Editorial Ripano, Madrid, 2009.
26. STEFANELLO BUSATO ADAIR L. Odontología Restauradora y estética, Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, São Pulo. (2005).
27. SODERHOLM K. Degradation of glass filler in experimental composites. J Dent Res (1981);60:1867-75.
28. KREULEN C. VAN AMERONGEN W. Wear measurements in clinical studies of composites resin restorations in the posterior region: A review. J Dent. Child. (1991); 58:109-123.
29. LEINFELDER K. WILDER A. JR. TEIXEIRA L. Wear rates of posterior composite resins. J Am Dent Assoc (1986); 112: 829-833.

30. CHAPMAN R. NATHANSON D. Excessive wear of natural tooth structure by opposing composite restorations. J. Am Dent. Assoc. (1983); 106:51-53.
31. BURGOGNE A. NICHOLLS J. BRUDVIK J. In vitro two-body wear of inlays-onlays composite resin restoratives. J Prosthet Dent. (1991); 65:206-214.
32. KREULEN C. VAN AMERONGEN W. Wear measurements in clinical studies of composites resin restorations in the posterior region: A review. J Dent. Child. (1991); 58:109-123.
33. CRAIG ROBERT G. Materiales de Odontología Restauradora. 10<sup>ma</sup> Ed. Editorial Harcourt Brace 1998 España.
34. LEINFELDER, K. Using composite resin as a posterior restorative material. JADA. (1991); 122:65.
35. SODERHOLM, K. Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite resins. J. Dent. Res. (1984); 63:1321.
36. CHAINS, B. Polymers in the service of prosthetic dentistry. J. Dent. (1984); 12:203.

37. SANTOS J. LEINFELDER K. O estágio atual das resinas compostas. Rev. Ass. paul. Cirurg. Dent., 36(3):322-5, Maio/Jun. (1982).
38. BARATIERI L. Procedimentos preventivos e restauradores. Chicago Quint. Books, (1989).
39. ANUSAVICE K. Phillips Ciencia de los Materiales Dentales. Undécima edición. Elsevier, Madrid, (2004).
40. HU, X.- MARQUIS, M. SHORTALL, C. Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite. J. Oral Rehabil. (2003); 30:729-737.
41. MANDARINO F. Estudio comparativo das partículas de carga de diferentes tipos de resinas compostas. E. A. P., v 3, 27-31. (1989).
42. MIYAGAWA, Y. POWERS, J. Prediction of color of an esthetic restorative material. J. Dent. Res. (1983);62:581.



43. DENNISON, J. POWERS, J. KORAN, A. Color of dental restorative resins. (1978); 57:557.
44. FEILZER A. DE GEE A. DAVIDSON C. Setting stress in composite restorations in relation to the configuration of the restoration. J. Dent. Res. (1987); 66: 1636 - 1639.
45. BRAGA R, FERRACANE J. Alternatives In Polymerization Contraction Stress Management. Crit. Rev. Oral. Biol. Med. (2004); 15(3): 176 - 184.
46. MANHART, J. GARCIA, F. HICKEL, R. Direct posterior restoration: Clinical result and new developments. J. Dent. Cli. N. Am. (2002); 46:303-339.
47. CHEN, H. MANHART, J. HICKEL, R. KUNZELMANN, K. Polymerization contraction stress in light-cured packable composite resins. Dent Mater (2001); 17: 253-259.
48. THOMPSON, V. WILLIAMS, E. BAILEY, W. Dental resin with reduced shrinkage during hardening. Journal of Dental Research. (1979); 58(5):1522 - 1532.

49. STANSBURY, J. Synthesis and Evaluation of New Oxaspiro Monomers for Double Ring Opening Polymerization. *Journal of Dental Research*. (1992); 71(7):1408 - 1412.
50. BYERLEY, P. MILLICH, L. Synthesis and polymerization of new expanding dental monomer. *Dental Materials*. (1992); 8(6): 345 - 350.
51. EICK, E. CHAPPELL, Y. CHAPPELOW, R. Properties of expanding SOC/epoxy copolymers for dental use in dental composites. *Dental Materials*. (1992); 9:123-127.
52. KRENKEL, T. BOWLES, B. Determination of polymerization shrinkage stress in low shrinkage epoxy resins resins. *Journal of Dental Research*. (1999); 78:315. Abstract n° 1678
53. KAUFMAN, K. CHAPPELOW, W. Determination of polymerization and darkcurein epoxy/polyols by FTIR. *Journal of Dental Research*. (1999); 78:371. Abstract n° 2126.

54. CHAPPELOW, W. EICK, E. Photopolymerizable expanding matrix resin systems for low stresses composites. Journal of Dental Research. (1999); 78:371. Abstract nº 2127.
55. CONDON, P. FERRACANE, J. The effects of composite formulation on polymerization stress. Journal of the American Dental Association. (2000); 131(4):497 - 503.
56. FREILICH, C. GOLDBERG, G. Fiber reinforced composites. Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago. (2000)
57. TILBROOK, B. CLARKE, F. BRADEN, J. Photocurable epoxu-polyol matrices for use in dental composites. J Biomaterials. (2000); 21(7):1743 - 1753.
58. WEINMANN, W. THALACKER, C. GUGGENBERGER, R. Siloranes in dental composites. 3M ESPE, Seefeld, Germany. Dent Mater. (2005); 21: 68-74.
59. J. DAVID EICK, ROBERT E. SMITH, CHARLES S. PINZINO, ELISABET L. KOSTORYZ. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems Journal of Dentistry. J Dent. (2006); 34(6):405-10.

60. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO Filtek™ Z350 XT 3M-ESPE, 2011.

61. PERFIL TÉCNICO DEL PRODUCTO Tetric N-Ceram IVOCLAR VIVADENT, 2011.

62. TOLEDANO PÉREZ M. Arte y Ciencia de los Materiales Odontológicos. 1<sup>ra</sup> Edición. Editorial Gráficas Mármol, SL. Barcelona, España.

## **10. ANEXOS**

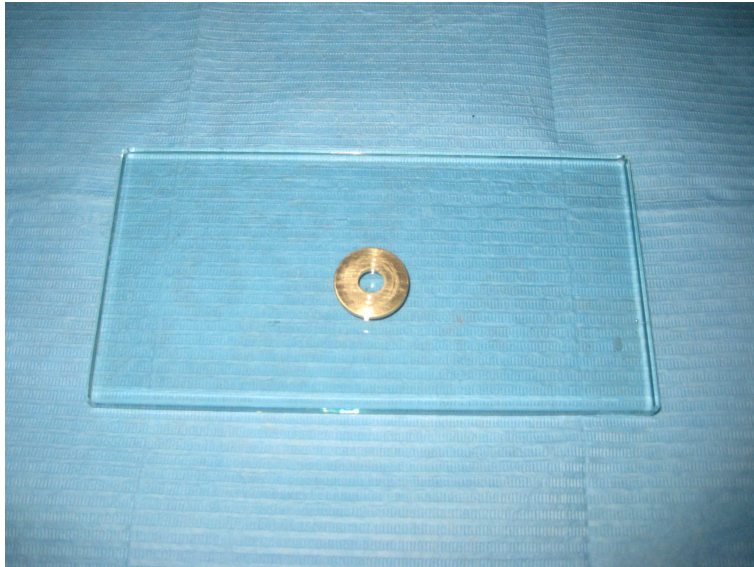
### **I FIGURAS**

- Figura 1** Resinas usadas en el estudio.
- Figura 2**
- A** Molde utilizado para la confección de las muestras.
- (B, C,D ,E,F,G,H)** Secuencia de confección de las muestras
- Figura 3**
- A** Muestras de la resina de nanorelleno
- B** Muestras de la resina nanohíbrida
- Figura 4**
- A** Muestras enumeradas de la resina de nanorelleno
- B** Muestras enumeradas de la resina nanohíbrida
- Figura 5** Pulidores usados en el estudio
- Figura 6** Bebidas carbonatadas usadas en el estudio.
- A** Bebidas carbonatada de pH 3.04
- B** Bebidas carbonatadas de pH 2.53
- Figura 7** Muestras sometidas a las bebidas carbonatadas y suero fisiológico.
- A** Muestras de la resina de nanorelleno
- B** Muestras de la resina nanohíbrida
- Figura 8** Muestras almacenadas en suero fisiológico.
- Figura 9** Microdurómetro High Quality Microhardner BUEHLER

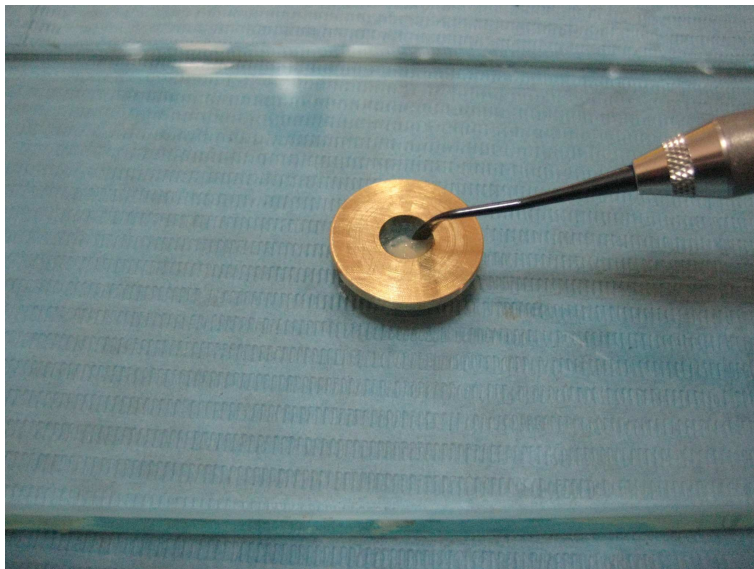
**Figura 1**



**Figura 2**

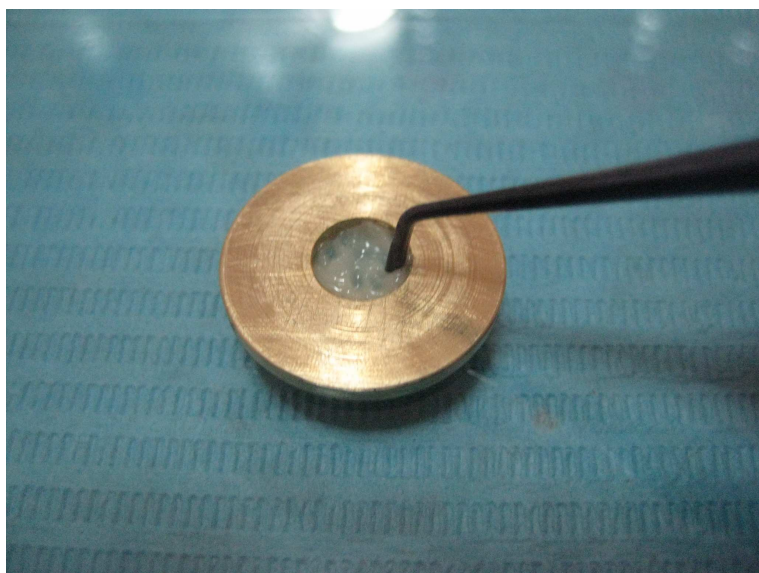


**A**

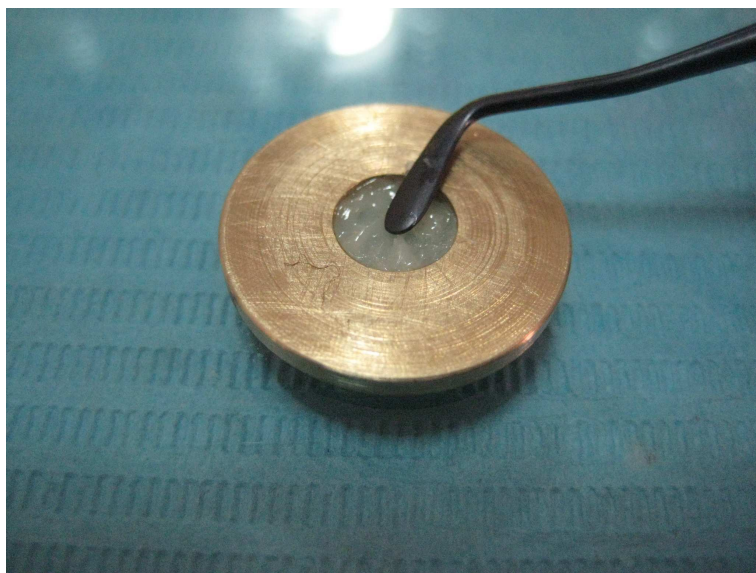


**B**

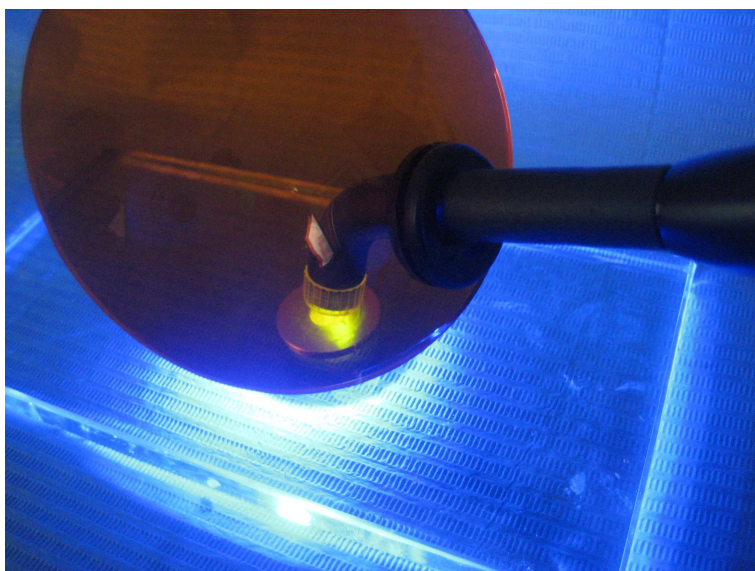




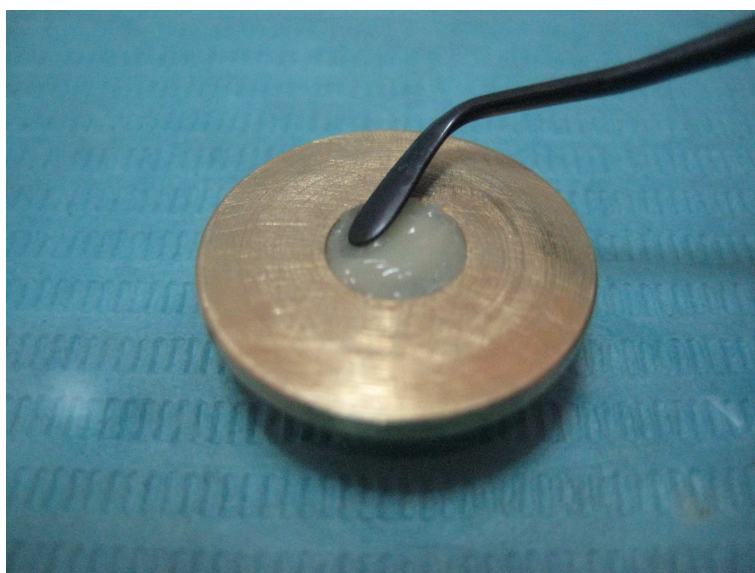
C



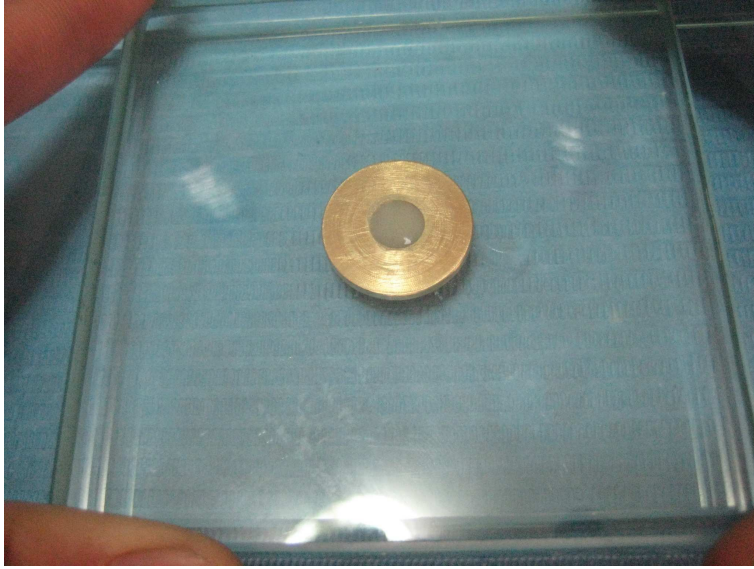
D



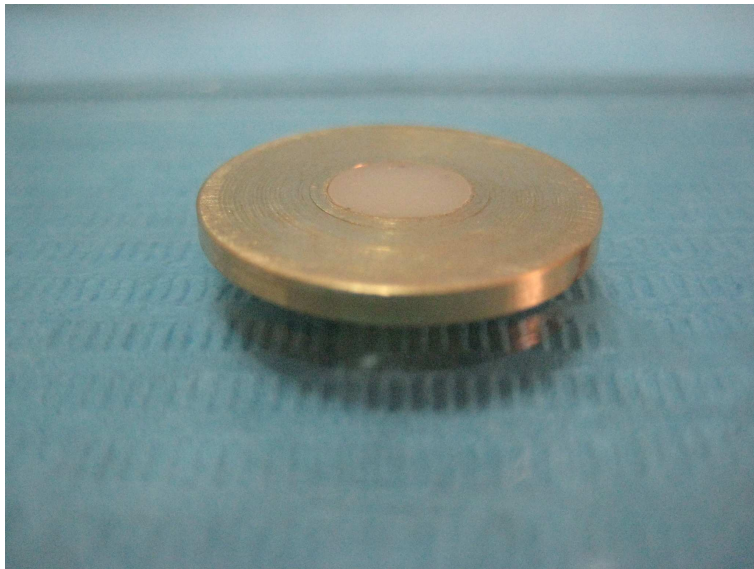
E



F



G



H



**Figura 3**



**A**

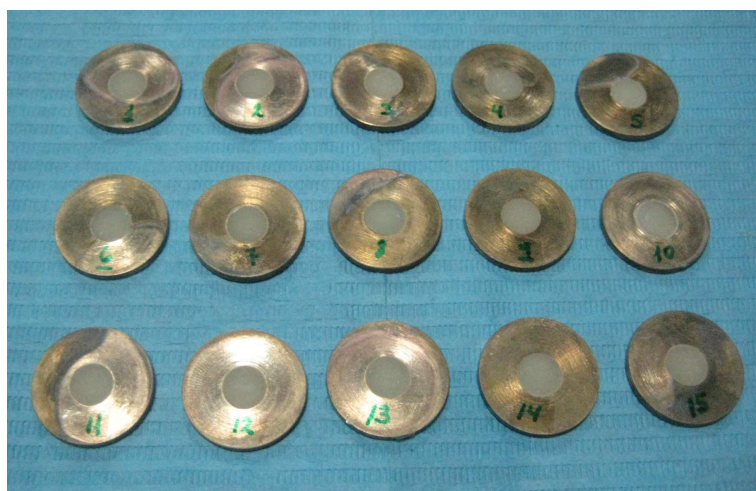


**B**

Figura 4



A



B

**Figura 5**





**Figura 6**



**A**



**B**

**Figura 7**



**A**



**B**



**Figura 8**



### Figura 9



## **II CUADROS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### MEDIDAS INICIALES DE LA RESINA NANOHÍBRIDA (Antes de ser sometidas a las bebidas carbonatadas)

	1A	1B	PROMEDIO	2A	2B	PROMEDIO	3A	3B	PROMEDIO	4A	4B	PROMEDIO	5A	5B	PROMEDIO
1	55.9	55.3	55.6	54.9	56.1	55.5	54.5	55.1	54.8	54.2	54.7	54.45	56.1	55.5	55.8
2	54.2	53.3	53.75	53.6	53.3	53.45	54	54.4	54.2	54.7	53.6	54.15	53.8	54	53.9
3	53.3	54.4	53.85	53.8	54.2	54	53.1	54	53.55	53.8	54	53.9	54.7	54.4	54.55
4	55.1	54.5	54.8	54.9	54.2	54.55	55.3	54	54.65	54.5	55.7	55.1	54.5	55.9	55.2
5	55.1	54.7	54.9	55.3	55.3	55.3	54.9	54.5	54.7	55.5	54.7	55.1	54	53.8	53.9
6	53.8	54.2	54	53.6	54.9	54.25	54.2	55.1	54.65	53.4	53.1	53.25	53.3	54	53.65
7	56.3	55.7	56	54.2	54.9	54.55	55.1	54.2	54.65	55.3	55.7	55.5	56.5	55.9	56.2
8	55.7	55.9	55.8	55.3	54.9	55.1	55.7	55.7	55.7	53.8	53.1	53.45	54	53.8	53.9
9	53.6	53.3	53.45	53.8	54.4	54.1	54	53.4	53.7	53.6	53.3	53.45	53.6	53.4	53.5
10	55.3	55.7	55.5	55.7	53.8	54.75	54.2	55.1	54.65	54.9	54.5	54.9	56.3	55.3	55.8
11	54.9	55.3	55.1	54.4	54	54.2	55.1	55.1	55.1	54	53.6	53.8	55.5	55.3	55.4
12	54.7	55.1	54.9	53.8	54.2	54	53.6	54	53.8	53.8	54	53.9	54.9	55.3	55.1
13	55.3	55.3	55.3	55.7	56.3	56	55.9	55.3	55.6	54.9	55.5	55.2	54	54.7	54.35
14	54.7	55.5	55.1	55.1	54.5	54.8	54.4	53.8	54.1	53.4	54	53.7	55.3	55.7	55.5
15	54.9	54.2	54.55	56.3	55.9	56.1	55.9	54.9	55.4	55.1	55.5	55.3	54.7	54.4	54.55
			54.84			54.71			54.6166667			54.3433333			54.7533333

**MEDIDAS INICIALES DE LA RESINA DE NANORELLENO (Antes de ser sometidas a las bebidas carbonatadas)**

	1A	1B	PROMEDIO	2A	2B	PROMEDIO	3A	3B	PROMEDIO	4A	4B	PROMEDIO	5A	5B	PROMEDIO
1	93.2	94.9	94.05	92.8	93.6	93.2	92	92.4	92.2	94	93.6	93.8	94.5	95.3	94.9
2	94	95.8	94.9	96.2	96.2	96.2	94.5	95.3	94.9	94.9	93.6	94.25	96.6	97.5	97.05
3	90.3	91.1	90.7	89.9	90.3	90.1	91.1	91.1	91.1	91.6	90.7	91.15	90.7	91.1	90.9
4	94.5	93.6	94.05	94	94	94	94.9	94.5	94.7	94	93.6	93.8	94.5	94	94.25
5	92.8	90.3	91.55	89.2	90.3	89.75	92.8	89.9	91.35	91.6	88.8	90.2	89.2	90.7	89.95
6	93.2	94	93.6	91.6	94	92.8	93.6	94.5	94.05	91.6	97.5	94.55	90.3	92.8	91.55
7	90.7	93.6	92.15	92.8	90.3	91.55	92	89.9	90.95	91.1	91.1	91.1	92.4	91.6	92
8	93.6	91.6	92.6	94.5	94.5	94.5	98	95.8	96.9	92.8	92	92.4	93.2	90.3	91.75
9	91.6	93.6	92.6	92.4	91.1	91.75	90.3	90.3	90.3	91.1	94	92.55	94.5	91.6	93.05
10	92.4	90.3	91.35	90.7	90.7	90.7	91.1	92.8	91.95	89.9	92	90.95	91.6	94	92.8
11	93.2	97.5	95.35	95.3	98	96.65	97.1	98.4	97.75	99.8	98	98.9	93.6	95.8	94.7
12	92.8	90.7	91.75	89.9	90.3	90.1	89.2	92	90.6	88	90.7	89.35	91.1	93.2	92.15
13	90.3	90.3	90.3	92	90.7	91.35	94.5	92	93.25	93.6	91.1	92.35	92.8	91.6	92.2
14	89.9	92.4	91.15	92	94	93	94.9	91.6	93.25	93.2	93.2	93.2	90.7	95.8	93.25
15	91.6	90.3	90.95	89.6	88	88.8	88.4	92	90.2	87.6	90.7	89.15	89.9	94.5	92.2
			92.47			92.2966667			92.8966667			92.5133333			92.8466667

### MEDIDAS FINALES DE LA RESINA NANOHÍBRIDA (Después de ser sometidas a las bebidas carbonatadas)

	1A	1B	PROMEDIO	2A	2B	PROMEDIO	3A	3B	PROMEDIO	4A	4B	PROMEDIO	5A	5B	PROMEDIO
1	47.5	55.7	51.6	42.6	47.6	45.1	44.7	48.4	46.55	48.1	44.2	46.15	45.7	45.5	45.6
2	46.4	46.1	46.25	51.2	50.8	51	49	51.8	50.4	49.2	55.1	52.15	44.6	51.3	47.95
3	47	47.5	47.25	58.1	65	61.55	50.7	48.9	49.8	44	50	47	44.6	53.1	48.85
4	41.2	52.4	46.8	46	46.7	46.35	45.4	51.5	48.45	47.6	46.7	47.15	42.3	45.3	43.8
5	53.4	46.7	50.05	38.7	37.8	38.25	52.4	49.7	51.05	46	46.9	46.45	48.4	46.4	47.4
6	46.9	51	48.95	43.2	40.7	41.95	42.6	45.5	44.05	45	44.7	44.85	43.5	41.8	42.65
7	40.6	49.7	45.15	37	36	36.5	46	44	45	40	41.9	40.95	41.4	42.2	41.8
8	38.5	42.1	40.3	41.1	41.9	41.5	40.2	41.8	41	46	38.3	42.15	38.5	40.7	39.6
9	41.4	38.5	39.95	41.1	41.4	41.25	40.5	41.4	40.95	46.9	47.8	47.35	40.7	42.7	41.7
10	39.7	38.3	39	42.8	48.5	45.65	44.8	45.3	45.05	46	41.9	43.95	43.9	46.9	45.4
11	36.3	34.5	35.4	39.5	40.2	39.85	36.4	37	36.7	34.4	33.6	34	33.6	35.8	34.7
12	23.9	24.1	24	24.1	33.6	28.85	24.1	26.5	25.3	35.2	33.6	34.4	28.3	38.2	33.25
13	37.3	39.5	38.4	39.6	37.4	38.5	38.1	39.6	38.85	44.6	40.2	42.4	37.3	39.3	38.3
14	39.7	38.2	38.95	37.3	30.9	34.1	24.4	36.3	30.35	38.7	40.6	39.65	42.1	42.8	42.45
15	25.7	43.2	34.45	23.5	30.8	27.15	27.4	29	28.2	29.2	27.4	28.3	25.6	34.8	30.2
			41.7666667			41.17			41.4466667			42.46			41.5766667

### MEDIDAS FINALES DE LA RESINA DE NANORELLENO (Después de ser sometidas a las bebidas carbonatadas)

	1A	1B	PROMEDIO	2A	2B	PROMEDIO	3A	3B	PROMEDIO	4A	4B	PROMEDIO	5A	5B	PROMEDIO
1	70.2	75.1	72.65	79.5	83.9	81.7	75.4	75.1	75.25	78.8	83.9	81.35	76.9	83.6	80.25
2	86.1	77.2	81.65	75.7	78.8	77.25	76.3	75.4	75.85	71.6	75.4	73.5	81.8	79.5	80.65
3	79.5	80.8	80.15	86.5	83.2	84.85	72.7	77.2	74.95	75.1	77.2	76.15	69.6	85.1	77.35
4	85.4	78.2	81.8	85	77.5	81.25	83.9	83.2	83.55	80.5	73.3	76.9	68	73.3	70.65
5	78.5	77.2	77.85	72.4	82.2	77.3	77.5	82.2	79.85	76	83.9	79.95	78.8	77.5	78.15
6	73.9	70.7	72.3	63.6	69.6	66.6	72.4	73.6	73	76.6	68.3	72.45	74.2	68.6	71.4
7	74.8	74.5	74.65	74.2	85.7	79.95	75.7	71.2	73.45	73	75.4	74.2	76	79.8	77.9
8	78.8	83.9	81.35	83.9	79.1	81.5	58.1	70.4	64.25	80.8	74.8	77.8	77.9	86.5	82.2
9	78.2	87.6	82.9	73	73.6	73.3	70.7	76.6	73.65	74.5	77.2	75.85	70.2	74.5	72.35
10	69.6	70.2	69.9	73.3	74.5	73.9	70.2	69.4	69.8	73	82.9	77.95	72.7	68	70.35
11	69.1	65	67.05	61.5	64.5	63	58.3	57.3	57.8	63.6	79.1	71.35	73.6	66.3	69.95
12	59.1	58.1	58.6	56.3	60.8	58.55	57.9	52.5	55.2	52.4	58.9	55.65	53.6	56.1	54.85
13	62.2	66.3	64.25	62.4	68.8	65.6	67.5	61.1	64.3	66.3	65.8	66.05	63.3	66	64.65
14	67.3	67.3	67.3	71.6	80.5	76.05	74.2	73	73.6	65.3	71.3	68.3	72.1	67.8	69.95
15	70.4	51.5	60.95	77.2	73.6	75.4	68.8	69.5	69.15	70.4	63.8	67.1	72.7	77.2	74.95
			72.89			74.4133333			70.91			72.97			73.04